不同粗饲料来源饲粮对湖羊生长性能、瘤胃发酵及血清生化指标的影响

吴天佑　赵　睿　罗　阳　王洪荣*

(扬州大学动物科学与技术学院，扬州 225009)

摘　要：本试验在相同能量和蛋白质水平下，研究了不同粗饲料来源的饲粮对湖羊生长性能、瘤胃发酵功能及血清生化指标的影响。选用体况良好、体重相近的湖羊 18 只，随机分为 3 组，每组 6 只。在相同能量和蛋白质水平饲粮条件下,分别饲喂以花生藤（PV）、豆秸(BS)和甘蔗渣(SM)作为单一粗饲料配制 3 种不同粗饲料来源的饲粮。试验期 60 d，其中预试期 15 d，正试期 45 d。结果显示：1）PV 组平均日增重显著高于 BS 组和 SM 组（P＜0.05）。2）SM 组湖羊乙酸、丁酸、总挥发性脂肪酸含量及乙酸/丙酸显著或极显著低于其他 2 组（P<0.05 或 P<0.01）;丙酸含量在 9 h 显著或极显著高于其他 2 组（P<0.05 或 P<0.01），但在 24 h 组间差异不显著（P＞0.05）。3）SM 组的血清中尿素氮含量显著高于 PV 组（P＜0.05），肌酐含量显著高于 BS 组（P＜0.05）。结果提示，在相同能量和蛋白质水平饲粮条件下，相比于豆秸和甘蔗渣，以花生藤为粗饲料来源的饲粮能够改善湖羊生长发育及瘤胃发酵功能，提高氮的利用率，从而减少精饲料的补充量。

关键词：湖羊；粗饲料；生长性能；瘤胃发酵；血清生化指标[1]

中图分类号：S826

我国粗饲料资源极其丰富，然而这些资源并没得到合理有效的利用，大部分被当做燃料或被直接还田，造成资源浪费和环境污染。目前仅有 20%～30%的农副产品被反刍动物利用[1-2]。众所周知，由于瘤胃的特殊功能，粗饲料是反刍家畜饲粮中不可或缺的组成成分，通常占 60%～80%。粗饲料中绝大部分的纤维物质被瘤胃微生物降解成挥发性脂肪酸（VFA）、二氧化碳（CO_2）和甲烷（CH_4）等产物，为反刍家畜提供能量及机体合成蛋白质所需的碳架、微量元素和矿物质元素等营养素[3]。研究发现不同来源的粗饲料营养品质变化很大，而粗饲料优劣程度对反刍动物的生长性能、健康状况具有极大的影响，并能直接影响精饲料的供应量，最终影响经济效益[4-6]。因此，充分合理地利用当地农副产品资源对解决人畜争粮问题及提高经济效益有重要意义。我国南方主要以农业为主，许多经济作物副产品（如花生

收稿日期：2015-12-21

基金项目：公益性行业（农业）科研专项（201303144）；苏北科技发展计划-科技富民强县项目（BN2014004）

作者简介：吴天佑（1990—），男，湖北黄冈人，硕士研究生，从事反刍动物营养与饲料研究。E-mail：18752540287@163.com

*通信作者：王洪荣，教授，博士生导师，E-mail： hrwang@yzu.edu.cn

藤、豆秸及甘蔗渣）都可以作为羊的粗饲料资源。王丽等[7]分别用羊草和花生藤饲喂羔羊，发现 2 组平均日增重（ADG）差异不大，但花生藤的各项养分消化率均比羊草高，是一种价格低廉的优质粗饲料。郭勇庆等[8]研究表明，尽管豆秸的木质素（ADL）含量高，但粗蛋白质（CP）含量和消化能均高于玉米和小麦等常规农作物的秸秆，仍可作为养羊业的粗饲料资源。王永军等[9]通过豌豆秸秆和燕麦秸秆饲喂羔羊也证实了豌豆秸秆的可利用价值。甘蔗渣的粗纤维（CF）含量很高，直接饲喂会导致幼龄反刍动物出现能量负平衡，一般适量添加在奶牛高精饲料饲粮中[10]。然而迄今对粗饲料的研究，多是在饲粮相同精粗比的条件下进行的，能量水平并不相同。而在实际的营养需要量制定时，多以能量和蛋白质水平为基础，因此当前缺乏在同一能量及蛋白质水平下，不同粗饲料对反刍动物影响的报道。为此，本试验选用 3 种不同南方地区常见农副产品作为粗饲料，组成相同能量及蛋白质水平的全混合日粮进行湖羊饲喂试验，研究和比较在相同能量和蛋白质水平下，不同粗饲料来源的饲粮对湖羊生长性能、瘤胃发酵和血清生化指标的影响。

1　材料与方法

1.1　试验设计和饲养管理

本试验在江苏省太仓市东林羊场进行。选用 18 只平均体重为（21.3±1.3） kg 的湖羊公羊，随机分成 3 组，每组 6 个重复，分别饲喂不同试验饲粮，每日饲喂 1 次，自由饮水。预试期 15 d，正试期 45 d。每只湖羊单圈饲养，预试期自由采食，确定最低采食量，正试期以最低采食量的 90%进行饲喂。

1.2　试验饲粮

参考 NRC(2003)[11]的营养需要标准配制饲粮。在相同能量和蛋白质水平下,分别以花生藤、豆秸和甘蔗渣作为单一粗饲料配制 3 种不同粗饲料来源的饲粮。试验饲粮组成及营养水平见表 1。

表 1　试验饲粮组成及营养水平（干物质基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of experimental diets (DM basis)　　　　%

项目 Items	组别 Groups

	PV	BS	SM
玉米 Corn	23.76	34.65	43.56
膨化大豆 Extruded soybean	14.85	14.85	14.85
豆粕 Soybean meal		6.43	8.91
花生藤 Peanut vine	60.39		
豆秸 Beanstalk		43.07	
甘蔗渣 Bagasse		0.00	31.68
预混料 Premix1)	1.00	1.00	1.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels2)			
代谢能 ME/（MJ/kg）	10.38	10.37	10.36
代谢蛋白质 MP	9.86	9.86	9.86
粗蛋白质 CP	13.18	13.35	13.69
中性洗涤纤维 NDF	37.72	36.83	35.08
酸性洗涤纤维 ADF	31.90	26.84	23.39
非纤维性碳水化合物 NFC	43.90	43.73	45.23

1)预混料为每千克提供 The premix provided the following per kg of diets：VA_1 620 000 IU，VB_1 60 mg，VB_2 450 mg，VB_5 1 050 mg，VB_{12} 0.9 mg，VD_3 324 000 IU，VE 540 IU，VK 3150 mg，Cu 30mg，Fe 3 000 mg，Mn 2 500 mg，Zn 8 000 mg，Co 20 mg，I 100 mg， Se 60 mg，泛酸钙 pantothenic acid calcium 750 mg，叶酸 folic acid 15 mg。

2)营养水平为计算值，参照 NRC(2006)[12]计算。非纤维性碳水化合物=1-粗蛋白质-中性洗涤纤维-粗脂肪-粗灰分。Nutrient levels were calculated values in reference to NRC (2006) [12]. NFC=1-CP-NDF-EE-ash.

1.3 样品采集与预处理

以正试期第 1 天的体重为初始体重，第 45 天体重为末重，计算平均日增重（average daily gain，ADG）。

于正试期中期，对每组湖羊进行为期 6 d 的消化试验（其中前 3 d 为适应期），采用集粪袋连续 3 d 收集全部粪样，每 12 h 收集 1 次粪样，加入 10%硫酸进行固氮，将 3 d 的粪样混合后放置-20 ℃冰箱保存，用以测定各养分表观消化率。

于试验最后 1 天晨饲前颈静脉无菌采集血样，室温静置 60 min 后，2 000×*g* 离心 10 min 制备血清，-20 ℃冰箱冷冻保存，用以测定血清生化指标。

于试验最后 1 天分别在饲后 9、24 h 采集瘤胃液，每次采样约 50 mL。将采集的瘤胃液用 4 层纱布过滤，其中一份立即测定 pH，其他滤液经 1 301×*g* 离心 15 min，取 0.5 mL 上

清液加入预先装有 4.5 mL 0.2 mol/L 盐酸的样品瓶中，混匀用来测定氨态氮（NH_3-N）含量，另取 4 mL 上清液加到装有 1 mL 25％偏磷酸的样品瓶中，除去可溶性蛋白质用于测定 VFA，所有样品均在－20 ℃下保存。

1.4 测定指标与方法

1.4.1 养分表观消化率

测定饲粮、粪样的干物质（DM）、CP、中性洗涤纤维（NDF）和酸性洗涤纤维（ADF）含量，参照张丽英[13]的方法。

养分表观消化率（%）=[(摄入养分量-排出养分量)/摄入养分量]×100。

1.4.2 pH

采用 PHS-3B 型精密酸度计（上海雷磁仪器厂）直接测定瘤胃内容物 pH。

1.4.3 乳酸含量

乳酸含量参照杨艳等[14]的方法进行测定，采用 722 光分光光度计检测，试剂盒购自南京建成生物工程研究所。

1.4.3 NH_3-N 含量

参照冯宗慈等[15]的方法进行，以氯化铵为标准品，用 722 分光光度计在波长 700 nm 条件下进行比色。

1.4.4 VFA 含量

采用日本岛津 GC-14B 气相色谱仪进行测定,参照熊本海等[16]的方法。测定条件：毛细管柱 CP-WAX（长 30 m，内径 0.53 mm，膜厚 1 μm）；气化室温度 200 ℃，火焰离子检测器（FID）温度 200 ℃；柱温采用程序升温法，初温 100 ℃，末温 120 ℃，升温速率 2 ℃/min，灵敏度为 101，衰减为 25，以巴豆酸为内标物。培养液处理：培养液经 20 817×g 离心 10 min 后取上清液 1 mL 加 0.2 mL 20%含 60 mmol/L 巴豆酸的偏磷酸，混匀后高速离心取上清液 2 μL 进样分析。

1.4.5 血清生化指标

采用 DH-364 型全自动生化分析仪测定血清中总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)、葡萄糖(GLU)、尿素氮(UN)、肌酐(Cr)含量及谷丙转氨酶(ALT)、谷草转氨酶(AST)活性。试剂盒均购自上海执诚生物有限公司。

1.5 统计分析

试验数据先使用 Excel 2007 软件整理，然后采用 SPSS 16.0 软件的 one-way ANOVA、Duncan 氏多重比较法进行分析，以 $P<0.05$ 为差异显著，$P<0.01$ 为差异极显著。试验结果均用平均值和标准误（SEM）表示。

2 结 果

2.1 不同粗饲料来源的饲粮对湖羊生长性能的影响

由表 2 可以看出，各组湖羊初始体重差异不显著（$P>0.05$）。PV 组湖羊末重显著高于 BS 组（$P<0.05$），但与 SM 组湖羊体重无显差异著（$P>0.05$）。PV 组湖羊 ADG 显著高于 BS 组和 SM 组（$P<0.05$），分别提高了 22.68%和 21.10%，而 BS 组和 SM 组湖羊的 ADG 差异不显著（$P>0.05$）。

表 2 不同粗饲料来源的饲粮对湖羊生长性能的影响

Table 2 Effects of different dietary sources of roughage on performance of *Hu* sheep

项目 Items	组别 Groups			SEM	*P* 值 *P*-value
	PV	BS	SM		
初始体重 IBW/kg	23.15	21.70	22.53	1.16	0.47
末重 FBW/kg	35.05[a]	31.40[b]	32.37[ab]	1.63	0.10
平均日增重 ADG/(g/d)	264.67[a]	215.74[b]	218.56[b]	20.98	0.06

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（$P<0.05$），不同大写字母表示差异极显著（$P<0.01$），相同或无字母表示差异不显著（$P>0.05$）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$), and with different capital letter superscripts mean significant difference ($P<0.01$), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$). The same as below.

2.2 不同粗饲料来源的饲粮对湖羊营养物质表观消化率的影响

由表 3 可以看出，PV 组和 SM 组湖羊 DM 表观消化率差异不显著（$P>0.05$），但均极显著高于 BS 组（$P<0.01$）。PV 组 CP 表观消化率显著高于 SM 组和 BS 组（$P<0.05$），但 SM 组与 BS 组差异不显著（$P>0.05$）。与 SM 组相比，PV 组和 BS 组湖羊极显著提高了 NDF 表观消化率（$P<0.01$），但 2 组之间差异不显著（$P>0.05$）。各组之间 ADF 表观消化率差异极显著（$P<0.01$），BS 组最高，PV 组次之，SM 组最低。

表 3 不同粗饲料来源的饲粮对湖羊营养物质表观消化率的影响

Table 3 Effects of different dietary sources of roughage on nutrient apparent digestibility of *Hu* sheep

项目 Items	组别 Groups PV	BS	SM	标准误 SEM	*P* 值 *P*-value
干物质采食量 DMI/g	841.70	836.70	828.30	10.43	0.45
排粪量 Fecal extraction/(g/d)	215.66^{Bb}	242.33^{Aa}	217.58^{Bb}	3.67	＜0.01
表观消化率 Apparent digestibility/%					
干物质 DM	74.38^{Aa}	71.02^{Bb}	73.73^{Aa}	0.42	＜0.01
中性纤维洗涤 NDF	48.73^{Aa}	47.78^{Aa}	25.05^{Bb}	2.98	＜0.01
酸性洗涤纤维 ADF	29.97^{B}	38.03^{A}	9.17^{C}	1.35	＜0.01
粗蛋白质 CP	76.17^{a}	69.18^{b}	69.91^{b}	2.41	0.02

2.3 不同粗饲料来源的饲粮对湖羊瘤胃发酵参数的影响

由表 4 可以看出，在 9 h，PV 组湖羊瘤胃液 pH 极显著高于其他 2 组（P<0.01），SM 组乳酸和 NH_3-N 含量显著或极显著高于其他 2 组(P<0.05 或 P<0.01)；24 h 瘤胃液 pH 和乳酸及 NH_3-N 含量变化趋势与 9 h 相似。SM 组湖羊乙酸、丁酸、总 VFA 含量及乙酸/丙酸显著或极显著低于其他 2 组（P<0.05 或 P<0.01），丙酸含量在 9 h 显著或极显著高于其他 2 组（P<0.05 或 P<0.01）但在 24 h 差异不显著（P＞0.05）。

表 4 不同粗饲料来源的饲粮对湖羊瘤胃发酵参数的影响

Table 4 Effects of different dietary sources of roughage on ruminal fermentation parameters of *Hu* sheep

项目 Items	时间 Time/h	组别 Groups PV	BS	SM	SEM	*P* 值 *P*-value
pH	9	6.27^{Aa}	5.83^{Bb}	5.64^{Bb}	0.14	<0.01
	24	6.94^{Aa}	6.66^{ABb}	6.38^{Bc}	0.12	<0.01
乳酸 Lactic acid/(mmol/L)	9	2.97^{C}	4.95^{B}	16.09^{A}	0.39	<0.01
	24	1.35^{B}	2.19^{B}	5.04^{A}	0.40	<0.01
氨态氮 NH_3-N/(mg/dL)	9	4.32^{b}	4.34^{b}	5.66^{a}	0.44	0.01
	24	8.48^{Bc}	10.51^{Bb}	16.54^{Aa}	0.75	<0.01
总挥发性脂肪酸 TVFA/(mmol/L)	9	87.31^{A}	85.50^{A}	72.75^{B}	2.19	<0.01
	24	40.61^{A}	40.16^{A}	26.61^{B}	2.31	<0.01
乙酸 Acetate/(mmol/L)	9	55.27^{A}	54.87^{A}	37.85^{B}	3.10	<0.01
	24	29.45^{A}	26.55^{A}	14.87^{B}	1.17	<0.01
丙酸 Propionate/ (mmol/L)	9	21.12^{Bb}	24.45^{ABb}	29.71^{Aa}	2.37	<0.01
	24	6.72	8.80	9.02	1.12	0.11
丁酸 Butyrate/(mmol/L)	9	9.11^{Aa}	7.99^{Ab}	5.19^{Bc}	0.42	<0.01
	24	5.26^{Aa}	3.99^{ABb}	2.72^{Bc}	0.54	<0.01
乙酸/丙酸 Acetate/propionate	9	2.75^{Aa}	2.40^{ABa}	1.27^{Bb}	0.39	<0.01
	24	4.41^{A}	3.25^{B}	1.68^{C}	0.34	<0.01

2.6 不同粗饲料来源的饲粮对湖羊血清生化指标的影响

由表 5 可以看出，各组湖羊血清 TP、ALB、GLU 含量及 ALT、AST 活性无显著差异（P>0.05）。与 SM 组相比，PV 组血清 UN 含量显著降低（P<0.05）。SM 组血清 Cr 含量显著高于 BS 组（P<0.05）,其他各组间无显著差异（P>0.05）。

表 5　不同粗饲料来源的饲粮对湖羊血清生化指标的影响

Table 5　Effects of different dietary sources of roughage on serum biochemical indexes of *Hu* sheep

项目 Items	组别 Group PV	BS	SM	标准误 SEM	*P* 值 *P*-value
总蛋白 TP/(g/dL)	66.27	67.37	69.60	1.57	0.13
白蛋白 ALB/(g/dL)	38.05	37.72	39.72	1.24	0.26
谷丙转氨酶 ALT/(U/L)	21.00	16.83	25.17	6.07	0.41
谷草转氨酶 AST/(U/L)	579.83	179.00	835.83	403.28	0.29
尿素氮 UN/(mmol/L)	7.16^{b}	7.50^{ab}	8.46^{a}	0.45	0.03
肌酐 Cr/(μmol/L)	53.83^{ab}	52.17^{b}	59.00^{a}	2.98	0.09
葡萄糖 GLU/(mmol/L)	3.97	4.28	4.27	0.22	0.30

3　讨　论

3.1　不同粗饲料来源的饲粮对湖羊生长性能的影响

因饲粮种类不同，动物对其的摄入量及消化吸收率也不同，动物的生产性能会存在差异。本试验对湖羊进行限食饲养，保证了摄入的能量和蛋白质摄入量的一致。在此情况下湖羊的生长性能主要取决于营养物质消化率。通常适当增加精粗比，可以增加易消化的碳水化合物含量，从而提高饲粮 DM 和有机物的表观消化率，降低纤维物质的消化率[17-18]。本试验结果显示，PV 组湖羊 ADG 显著升高，其 DM 表观消化率也高于其他 2 组；尽管本试验 BS 组与 SM 组 ADG 差异不显著，但 BS 组 NDF 和 ADF 表观消化率更高，精饲料的使用量更少。这些表明在等能等氮条件下使用高品质的粗饲料可以增加湖羊 ADG 或抵消精饲料对 ADG 的影响。Tjardes 等[19]报道提高粗饲料的品质可以提高粗饲料的消化率，减少平均 ADG 受精粗比的影响。此外，Drennan 等[20]也证实提高粗饲料的消化率可以减少精饲料的补充。本试验结果与上述一致。本试验结果显示，SM 组湖羊的 ADG 较低，NDF 和 ADF 表观消化率均最低，提示甘蔗渣不适合作为单一粗饲料来源饲喂湖羊，因此需要进一步研究最佳的利用方式（如进行加工处理或与其他粗饲料组合）。

3.2　不同粗饲料来源的饲粮对湖羊瘤胃发酵参数的影响

3.2.1　对瘤胃液 pH 及乳酸含量的影响

瘤胃液 pH 是一项反映瘤胃内环境和发酵水平的综合指标，它是由饲粮性质、唾液分泌量、有机酸生成、吸收、排出速度等因素综合作用的结果。反刍动物瘤胃液 pH 的正常范围

为 5.5～7.5，最适宜范围为 6.6～7.0[14,21]。若反刍动物饲粮精粗比过高，可溶性糖、淀粉等精饲料在采食后 0.2~5 h 快速发酵生成 VFA[22]，在短时间内急剧降低瘤胃液 pH，当 pH 低于 6.0 时，瘤胃微生物区系发生改变，纤维素分解菌的生长被抑制而乳酸产生菌大量繁殖，导致乳酸含量升高[23-24]，而乳酸的电离常数远低于 VFA，对瘤胃液 pH 的贡献大于 VFA[22,25]，此时乳酸也是影响瘤胃液 pH 的主要因素。本试验结果显示 9 h 甘蔗渣组的 pH 偏低，同时乳酸含量高于其他 2 组，可能是因为 SM 组湖羊饲粮精粗比最高，采食 0.2~5 h 后，SM 组湖羊总 VFA 高于其他 2 组，此时瘤胃液 pH 可能低于 6.0，导致乳酸大量积累，从而进一步降低瘤胃液 pH。而其他 2 组湖羊采食 0.2~5 h 后总 VFA 含量相对较少，瘤胃液 pH 可能仍高于 6.0，此时瘤胃微生物区系变化不大，乳酸产生量较少，对 pH 影响相对较小。欧阳克蕙等[26]报道了高精饲料饲粮中添加 1 200 mg/kg 烟酸组瘤胃液 pH 及总 VFA 含量均低于添加 800 mg/kg 烟酸组这种趋势，而赵国琦等[27]的研究也表明除 VFA 含量外，高精饲料饲粮发酵产生大量其他有机酸也是导致 pH 降低的重要因素，这些结果均与本试验结果一致。在 24 h 由于瘤胃上皮的吸收作用，乳酸和总 VFA 含量均降低，因此相比于 9 h，瘤胃液 pH 在 24 h 有所回升。

3.2.2 对瘤胃液 NH_3-N 含量的影响

NH_3-N 是瘤胃代谢中蛋白质、肽、氨基酸和非蛋白氮等含氮物质降解的重要产物，也是纤维素分解菌生长的主要氮源[28]。瘤胃内 NH_3-N 的含量在一定程度上反映了饲粮蛋白质降解与菌体蛋白合成的动态平衡。本试验发现 SM 组湖羊瘤胃内 NH_3-N 含量在 9、24 h 显著或极显著高于 PV 组与 BS 组。这可能是 PV 组与 BS 组粗饲料含量相对较高，蛋白质降解速度相对于 SM 组较慢，且 PV 组与 BS 组的瘤胃液 pH 高，更适合瘤胃中纤维素分解菌的生长，而这些分解菌的生长所需的主要氮源由 NH_3-N 提供，因而 PV 组与 BS 组的 NH_3-N 含量较低；而 SM 组精饲料比例高，蛋白质降解速率相对较快，此外较低的瘤胃液 pH 抑制了微生物的活性，使菌体蛋白的合成量降低，最终导致 NH_3-N 在瘤胃的积累。王加启等[29]发现高粗饲料饲粮组瘤胃液 NH_3-N 含量显著低于高精饲料饲粮组。这与本试验结果相吻合。但库尔班·吐拉克等[30]和段迎凯[31]报道饲粮中添加或瘤胃灌注淀粉能降低瘤胃液 NH_3-N 含量。这与本试验结果不一致，可能是因为添加淀粉的量少，瘤胃液 pH 对微生物的影响较小。

3.2.3 对 VFA 含量的影响

VFA 主要来自进入瘤胃的饲料碳水化合物的发酵，是反刍动物重要的能源物质，并可为一部分瘤胃微生物的生长提供能量[32]。精粗比是影响 VFA 组成的主要因素，随着精饲料比例的增加，非结构性碳水化合物（NSC）含量增多，而 NSC 发酵时通常产生高比例的丙酸和低比例的乙酸和丁酸。本试验结果显示，PV 组乙酸和丁酸含量最高，丙酸含量则最低，乙酸/丙酸的比例最高。这是由于 PV 组饲粮中精饲料比例低，NSC 含量少。这与韩继福等[33]的结果相一致。研究发现乙酸/丙酸的最适比例为 2.0～3.6，过高或过低都会影响瘤胃液的 pH 和饲粮的消化率，进而影响动物的生产性能[34-35]。本试验只有 SM 组乙酸/丙酸不在此范围内，这可能也是 SM 组 ADG 低于其他 2 组的一个原因。

此外本试验发现 SM 组总 VFA 含量较其他 2 组极显著降低，这可能是因为 SM 组湖羊在采食高精粗比饲粮 0.2~5 h 发酵产生的 VFA 使瘤胃液 pH 在短时间降到了 6.0 以下，导致纤维素分解菌生长受到抑制，从而降低了对原本消化率就很低的甘蔗渣的分解能力，而其他 2 组湖羊采食的精饲料相对较少，对纤维素分解菌的活性影响较小,瘤胃微生物继续分解花生藤或豆秸产生 VFA，最终使得瘤胃液总 VFA 含量在 9 h 高于 SM 组。但本试验中 PV 组和 BS 组总 VFA 含量高于 SM 组后，并没有使瘤胃液 pH 低于 SM 组及乳酸过多积累，可能是因为 PV 组和 BS 组饲粮 NDF 含量相对较高，增加湖羊咀嚼次数，产生的唾液对瘤胃液 pH 具有一定缓冲作用，此外，也可能是因为总 VFA 产生的速度相对平缓，使碱性物质有更多的时间缓冲。具体的原因有待进一步研究。

3.3 不同粗饲料来源的饲粮对湖羊血清生化指标的影响

血清 TP 和 ALB 含量反映了肝脏合成蛋白质的能力，其升高有利于提高代谢水平和免疫功能。ALT 和 AST 则是反映肝脏功能的关键指标，主要存在于肝细胞中，当肝细胞因炎症、中毒等而受损时，该酶便会释放到血液里使血清中含量升高。而 GLU 含量是反映机体能量代谢平衡状况的指标，它在肝脏的调解下基本上是稳定的。当饲粮中的精饲料比例过高，瘤胃发酵速度过快，会导致瘤胃液 pH 的急速下降，瘤胃内细菌崩解死亡，从而释放内毒素引起炎症反应，造成肝脏受损，使血清中相关酶活性升高。但本试验发现各组 TP、ALB、GLU 含量及 ALT、AST 活性差异不显著，表明在等能等氮条件下 3 种不同来源的粗饲料对湖羊肝脏代谢没有显著影响。

尿素是机体内含氮物质代谢的终产物，瘤胃内 NH_3-N 含量与血清中 UN 含量呈高度正

相关[36]，因此血清 UN 在一定程度上反映了湖羊对饲粮中氮的利用率。Brown 等[37]的研究也证明了血清 UN 含量与饲料氮利用率成反比。本试验结果显示，SM 组湖羊血清 UN 含量高于其他 2 组，这与瘤胃中 NH_3-N 含量变化趋势相似，表明优质粗饲料的饲粮可以提高机体对氮的利用率。

Cr 是血液中嘌呤的代谢产物，主要由肾脏排出，是反映肾脏健康状态的指标。正常情况下 Cr 的含量在 53～106 μmol/L，当肾脏受损时血液中 Cr 含量增高。本试验结果显示，SM 组血清 Cr 含量高于其他 2 组，表明在相同能量和蛋白质水平条件下饲喂甘蔗渣的饲粮可能对湖羊的肾脏产生不良影响。

4 结 论

花生藤、豆秸和甘蔗渣都可以粗饲料资源被湖羊利用。相比于豆秸和甘蔗渣，等能量等蛋白质条件下以花生藤为粗饲料来源的饲粮能改善湖羊生长发育及瘤胃发酵功能，能够提高氮的利用率，减少精饲料的补充量。

参考文献：

[1] 王洪荣.粗饲料资源高效利用[M].北京:金盾出版社,2012:1.
[2] 魏宗友,杨丽丹.论我国粗饲料资源与奶牛业发展[J].饲料博览,2008(8):11-14.
[3] 刁其玉,国春艳.提高粗饲料利用率的途径[J].粮食与饲料工业,2005(10):34-36.
[4] SANSON D W,CLANTON D C,RUSH I G.Intake and digestion of low-quality meadow hay by steers and performance of cows on native range when fed protein supplements containing various levels of corn[J].Journal of Animal Science,1990,68(3):595-603.
[5] LOISELLE F C O J,NICHOLS S E.Forages:US,US5985666[P].1999-11-16.
[6] COLEMAN S W,MOORE J E.Feed quality and animal performance[J].Field Crops Research,2003,84(1/2):17-29.
[7] 王丽,张英杰,刘月琴,等.不同饲料配方对羊生长发育及消化代谢的影响[J].中国草食动物科学,2014(增刊 1):253-255.
[8] 郭勇庆,张英杰,刘月琴.养羊业非常规秸秆饲料资源开发利用研究[C]//2008 年全国养羊生产与学术研讨会论文集.靖边:中国畜牧兽医学会,中国草食动物编辑部,2008:62-63.
[9] 王永军,贾得寿.不同秸秆饲喂陶藏杂种羔羊增重对比试验[J].青海畜牧兽医杂

志,2007,37(3):13-14.
[10] 王加启,郭年藩.甘蔗饲料资源的开发和应用技术[J].国外畜牧科技,1994,21(4):6-11.
[11] NRC.Nutrient requirements of nonhuman primates[S].2nd ed.Washington,D.C.:National Academy Press,2003.
[12] NRC.Nutrient requirements of small ruminants:sheep,goats,cervids,and new world camelids[S].Washington,D.C.:National Academies Press,2006.
[13] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].3 版.北京:中国农业大学出版社,2007.
[14] 杨艳,瞿明仁,欧阳克蕙,等.逐步提高精粗比及其对锦江黄牛瘤胃发酵及酸代谢的影响[J].饲料研究,2013(10):4-8.
[15] 冯宗慈,高民.通过比色测定瘤胃液氨氮含量方法的改进[J].畜牧与饲料科学,2010,31(6/7):37.
[16] 熊本海,卢德勋,高俊.绵羊瘤胃 VFA 吸收效率及模型参数的研究[J].动物营养学报,1999,11(Suppl.1):248-255.
[17] YANG W Z,BEAUCHEMIN K A,RODE L M.Effects of grain processing,forage to concentrate ratio,and forage particle size on rumen pH and digestion by dairy cows[J].Journal of Dairy Science,2001,84(10):2203-2216.
[18] 汪水平,王文娟,王加启,等.日粮精粗比对奶牛瘤胃发酵及泌乳性能的影响[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2007,35(6):44-50.
[19] TJARDES K E,BUSKIRK D D,ALLEN M S,et al.Neutral detergent fiber concentration in corn silage influences dry matter intake,diet digestibility,and performance of Angus and Holstein steers[J].Journal of Animal Science,2002,80(3):841-846.
[20] DRENNAN M J,KEANE M G.Responses to supplementary concentrates for finishing steers fed silage[J].Irish Journal of Agricultural Research,1987,26(2/3):115-127.
[21] 李新,王俊芳,王聪,等.烟酸铬对西门塔尔牛瘤胃液乙酸和丙酸浓度的影响[J].饲料与畜牧:新饲料,2012(5):8-9.
[22] 王洪荣.反刍动物瘤胃酸中毒机制解析及其营养调控措施[J].动物营养学报,2014,26(10):3140-3148.

[23] 王梦芝,丁洛阳,曹伟,等.瘤胃酸中毒的发生机理及其日粮与微生态调控的技术[J].中国奶牛,2010(10):15-18.

[24] 潘晓花.硫胺素对 SARA 状态下奶牛瘤胃发酵及瘤胃菌群结构的影响[D].硕士学位论文.扬州：扬州大学,2013.

[25] ENEMARK J M D,JØRGENSEN R J,ENEMARK P S.Rumen acidosis with special emphasis on diagnostic aspects of subclinical rumen acidosis:a review[J].Veterinarija Ir Zootechnika,2002,20(42):16-29.

[26] 欧阳克蕙,张琪,鲁友友,等.高精料饲粮中添加烟酸对体外瘤胃发酵培养液 pH 及发酵参数动态变化的影响[J].动物营养学报,2014,26(1):115-124.

[27] 赵国琦,贾亚红,陈小连,等.不同 NDF/NFE 比的日粮对山羊瘤胃发酵参数影响的研究[J].中国畜牧杂志,2006,42(13):29-33.

[28] 李华伟,金海,韦启鹏.CNCPS 研究综述——瘤胃发酵[J].畜牧与饲料科学,2011,32(5):31-33,36.

[29] 王加启,李树聪.不同日粮类型对奶牛营养代谢影响的研究[C]//动物营养研究进展论文集.重庆:中国畜牧兽医学会,2004:124-125.

[30]库尔班·吐拉克,雒秋江,杨开伦,等.添加淀粉对饲喂玉米秸秆绵羊消化代谢的影响[J].新疆农业大学学报,2004,27(3):1-5.

[31] 段迎凯.不同来源淀粉对牦牛瘤胃发酵及营养物质消化代谢的影响[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2013.

[32] 李旺.瘤胃挥发性脂肪酸的作用及影响因素[J].中国畜牧杂志,2012,48(7):63-66.

[33] 韩继福,冯仰廉.阉牛不同日粮的纤维消化、瘤胃内 VFA 对甲烷产生量的影响[J].中国兽医学报,1997,17(3):278-280.

[34] 尹召华,王梦芝,王洪荣,等.乙酸与丙酸比对体外瘤胃液挥发性脂肪酸发酵模式和微生物群体多样性的影响[J].动物营养学报,2011,23(12):2129-2135.

[35] 张杰杰,赵红波,游伟,等.饲粮油菜籽添加水平对肉牛生长性能、瘤胃发酵及血液生化指标的影响[J].中国农业科学,2014(11):2233-2241.

[36] KENNEDY P M,MILLIGAN L P.The degradation and utilization of endogenous urea in the

gastrointestinal tract of ruminants:a review[J].Canadian Journal of Animal Science,1980,60(2):205-221.

[37] BROWN M S,PONCE C H,PULIKANTI R.Adaptation of beef cattle to high-concentrate diets:performance and ruminal metabolism[J].Journal of Animal Science,2006,84(Suppl.1):E25-E33.

Effects of Different Dietary Sources of Roughage on Performance, Ruminal Fermentation and Serum Biochemical Parameters of *Hu* Sheep

WU Tianyou　ZHAO Rui　LUO Yang　WANG Hongrong*

(*College of Animal Science and Technology*, *Yangzhou University*, *Yangzhou* 225009, *China*)

Abstract: This study was conducted to study the effects of different dietary sources of roughage on performance, ruminal fermentation and serum biochemical parameters of *Hu* sheep under the same energy and protein conditions. Eighteen healthy *Hu* sheep with similar body weight were randomly divided into three groups with six sheep per group, and sheep in different groups were fed three diets with peanut vine (PV), beanstalk (BS) and sugarcan molasses (SM) as the only dietary roughage source, respectively, under the same energy and protein levels. The test has a 15-day pre-experiment and a 45-day experiment. The results showed as follows: 1) average daily gain of *Hu* sheep in PV group was significant higher than that of BS and SM groups ($P<0.05$). 2) Acetate, butyrate, total volatile fatty acid contents and the ratio of acetate to propionate of SM group were significantly lower than those of the other groups ($P<0.05$ or $P<0.01$); propionate content of SM group was significantly higher than that of PV group at 9 h ($P<0.05$ or $P<0.01$), but there was no significant difference among groups at 24 h ($P>0.05$). 3) Serum urea nitrogen content of SM group was significantly higher than that of PV group ($P<0.05$), and serum creatinine content was significantly higher than that of BS group ($P<0.05$). In conclusion, under the same dietary energy and protein levels condition, compared to BS and SM, PV as the only dietary roughage source can improve performance, ruminal fermentation and nitrogen utilization rate, and save the supplementation of concentrate.

Key words: *Hu* sheep; roughage; performance; ruminal fermentation; serum biochemical

parameters[2]

*Corresponding author, professor, E-mail: hrwang@yzu.edu.cn (责任编辑　王智航)